

И. В. Морунов^{*}, С. Е. Крылова¹, С. П. Оплеснин²

¹ Оренбургский государственный университет, г. Оренбург

² ООО «Технология», г. Оренбург

^{*} *morunov.ivan@mail.ru*

Научный руководитель – доцент кафедры материаловедения
и технологии материалов *С. Е. Крылова*

ПРИНЦИП ЛАЗЕРНОЙ НАПЛАВКИ ПОРОШКОВЫМИ МАТЕРИАЛАМИ В СРЕДЕ ЗАЩИТНЫХ ГАЗОВ КОРРОЗИОННО-СТОЙКИХ СТАЛЕЙ

Представлены результаты разработанной промышленной технологии восстановления поверхности коррозионно-стойких сталей методом лазерной наплавки. Выполнена оценка преимуществ и особенностей метода непрерывной лазерной наплавки порошковыми материалами в среде защитных газов. Произведены дюрметрические исследования и неразрушающий контроль наплавленного слоя на наличие дефектов.

Ключевые слова: лазерная наплавка, переходной диффузионный слой, карбидное упрочнение поверхностного слоя, многокомпонентные порошковые композиции, износостойкость, коррозионно-стойкие стали.

I. V. Morunov, S. E. Krylova, S. P. Oplesnin

THE PRINCIPLE OF LASER PURIFICATION BY POWDER MATERIALS IN THE ENVIRONMENT OF PROTECTIVE GASES CORROSIVE-STEEL STEEL

The results of the developed industrial technology for surface restoration of corrosion-resistant steels by laser surfacing are presented. A comparative analysis of the microstructure of the welded wear-resistant layer, the fusion zone with the base material and the diffusion zone is given for different technological surfacing regimes. Dyrometric studies and non-destructive testing of the deposited layer for defects were performed.

Keywords: laser surfacing, transition diffusion layer, carbide hardening of the surface layer, multicomponent powder compositions, wear resistance, corrosion-resistant steels.

Существует множество методов восстановления изношенных поверхностей деталей машин, среди которых лазерная наплавка – наиболее актуальный. Данный метод применим при восстановлении изношенных или повреждённых поверхностей деталей энергетической, машиностроительной и нефтегазовой отрасли, выполняемых из

сложнолегированных сталей, в том числе импортного исполнения, для которых лазерная наплавка экономически выгодный процесс с точки зрения материальных затрат и времени на обработку.

Лазерная наплавка заключается в нанесении на поверхность обрабатываемого изделия покрытия путём расплавления основы и присадочного материала. Поскольку основа подплавляется минимально, свойства покрытия главным образом зависят от свойств присадочного материала [1].

К процессу наплавки предъявляют следующие требования

1. Обеспечение прочного и надёжного сцепления основного и присадочного металлов.
2. Исключение образования пор и трещин.
3. Снижение остаточных напряжений и деформаций.
4. Уменьшение перемешивания металла основы с металлом наплавки.
5. Обеспечение проведения наплавки с минимальной глубиной проплавления основы.
6. Увеличение коэффициента использования присадочного металла.
7. Снижение стоимости процесса.
8. Повышение производительности и комфортности труда [2].

Исходя из существующих требований, метод нанесения покрытий непрерывным лазерным воздействием имеет ряд неоспоримых преимуществ: обеспечение адгезионной прочности основного и присадочного металла; низкие остаточные напряжения и деформация; обеспечение ведения процесса с минимальной глубиной проплавления основы; увеличение коэффициента использования наплавляемого материала.

В данной работе процесс лазерной наплавки осуществляли на роботизированном лазерном комплексе, основанном на мощном многомодовом иттербиевом волоконном лазере непрерывного действия ЛС-2. Наплавка осуществлялась коаксиальным методом, наплавочной порошковой самофлюсующейся композицией ПР-20Х13Н2:ПР-НХ17СР3 в соотношении 3 : 1 в среде защитных газов. Внешний вид, характеристики и рабочие параметры комплекса лазерной наплавки представлены на рис. 1 и в табл. 1.



Рис. 1. Роботизированный лазерный комплекс ООО «Технология»

Состав комплекса:

- современный шестиосевой робот-манипулятор ABB IRB4600 (Швейцария);
- вращатель с регулируемой частотой вращения для точного позиционирования деталей;
- порошковый дозатор, регулирующий скорость подачи наплавочной смеси в область лазерного излучения;
- мощный непрерывный иттербиевый волоконный лазер ЛС-2 (ООО «НТО «ИРЭ-Полус», Россия);
- программное обеспечение, позволяющее синхронизировать все элементы комплекса и работать в автоматическом режиме.

Таблица 1

Параметры лазерной установки ЛС-2

Тип	Длина волны, нм	Мощность, Вт	Режим генерации лазера	Класс опасности
Иттербиевый волоконный лазер	1070	2000	непрерывный (НГ)	IV

Комплекс оборудования позволяет реализовывать объёмное и локальное восстановление и упрочнение изделий различной геометрии, осуществляя, как однослойную, так и многослойную порошковую наплавку и получая износостойкий слой заданной толщины, структуры и твёрдости на изделиях различной номенклатуры – рис. 2.

Для решения вопроса о качественном восстановлении деталей, изготовленных из легированных сталей, проведён ряд экспериментов и опытным путем отработаны типовые режимы, позволяющие проводить бездефектную наплавку износостойкого слоя. Основываясь на известных марках основных материалов 20X13, 30X13, 38XM2ЮА, 10X18H9T и др. и композициях металлических порошков отечественных и зарубежных

производителей, были подобраны базовые составы многокомпонентных сложнолегированных наплавочных смесей, позволяющих осуществлять наплавку с заданной твёрдостью. Регулируя составы композиций возможно получать наплавленные слои с твёрдостью от 22 до 50 HRC [3].

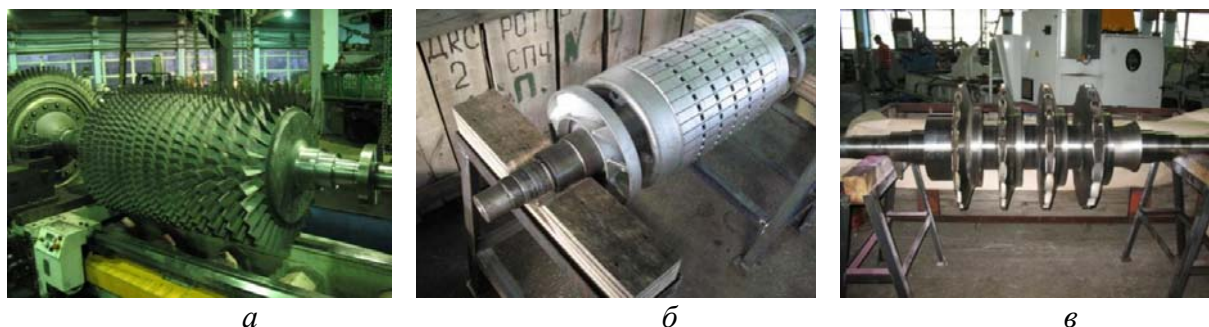


Рис. 2. Изделия, восстановленные лазерной наплавкой: *а* – ротор ТВД SD-31; *б* – ротор электродвигателя; *в* – ротор насоса

Отработка режимов наплавки велась на низкоуглеродистых нержавеющей сталях 20Х13 и 30Х13 ($\sigma_b = 640...730$ МПа, $\sigma_{0,2} = 440...580$ МПа, $\delta = 12...16$ %) в отожжённом состоянии. Исходя из требований к структуре, химическому составу и твёрдости поверхностного слоя, учитывая состав и свойства основного материала, была подобрана наплавочная порошковая композиция ПР-20Х13Н2:ПР-НХ17СР3, в соотношении 3 : 1, представляющая собой самофлюсующуюся порошковую смесь с размером фракции 40–100 мкм.

Таким образом, при реализации эксперимента высокая точность наведения лазерного луча на место наплавки в совокупности с локальностью действия лазерного излучения позволили получить высококачественные наплавленные слои с требуемым химическим составом и структурно-механическими характеристиками рабочей поверхности без коробления и поволоки детали при термическом воздействии, а также исправить строго определённые участки дефектных деталей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Влияние технологических параметров газопорошковой лазерной наплавки на структурные характеристики восстановленного поверхностного слоя коррозионностойких сталей / С. Е. Крылова [и др.]. // Металловедение и термическая обработка металлов. 2017. № 10 (748). С. 35–40.
2. Григорьянц А. Г. Технологические процессы лазерной обработки: учебник / А. Г. Григорьянц, И. Н. Шиганов, А. И. Мисюров. Москва: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006. 664 с.

3. Морунов И. В. Применение лазерной наплавки для упрочнения и восстановления деталей машиностроения / И. В. Морунов, С. Е. Крылова // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры: материалы Всероссийской научно-методической конференции. Оренбургский государственный университет, 2017. С. 159–162.